

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 09.09.2021 14:33:54
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова

«15» 12



Оценка возможности эффективного функционирования средств радиосвязи условиях их радиоподавления

Методические указания по выполнению практической работы
по дисциплине «Защита информации в системах беспроводной
связи» для студентов укрупненной группы специальностей 10.05.02

Курск 2017

УДК 621.3.014.22 (076.5)

Составители: В.Л. Лысенко, М.А. Ефремов.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры
информационной безопасности *А.Г. Сневаков*

Оценка возможности эффективного функционирования средств радиосвязи условиях их радиоподавления: методические указания по выполнению практической работы по дисциплине «Защита информации в системах беспроводной связи» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.Л. Лысенко, М.А. Ефремов. Курск, 2017. 12 с.: ил., Библиогр.: с. 12.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям и направлениям подготовки «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Предназначены для студентов укрупненной группы специальностей 10.05.02 дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать. 15.12.17. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 44 ч. – изд. л. 66 Гираж 30 экз. Заказ 2977. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет,
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание

1 Цель практической работы.....	4
2 Задание.....	4
3 Порядок выполнения работы	4
4 Содержание отчета	5
5 Теоретическая часть	5
6 Выполнение работы	14
7 Контрольные вопросы.....	17
Библиографический список.....	17

1 Цель практической работы

Ознакомление с методами радиоподавления средств радиосвязи и принципами расчета эффективности радиоподавления.

Перед выполнением практических заданий студенты должны ориентироваться в основных аспектах теоретических основ радиотехники, иметь представление о принципах функционирования средств беспроводной связи, владеть методами расчета математических выражений с использованием математических пакетов MathCad или MathLab.

В результате выполнения практического задания студенты должны освоить методы оценки условий и критериев эффективного радиоподавления средств радиосвязи.

2 Задание

1. Принять следующие исходные данные: $\gamma = 1$, рабочая частота радиосвязи $f_{раб} = 0.3 \cdot N \cdot 10^8$ (Гц) (где N – порядковый номер по списку группы), величины h_{nm} , h_{nc} , P_{nm} , P_{nc} , G_{nm} , G_{nc} выбрать произвольно (исходя из практики радиосвязи).

2. На основе приведенных выше математических выражений, а также исходных данных, найти предельную дистанцию подавления $R_{n.пред}$, определить коэффициент подавления на входе приемного устройства и оценить на основе условия (15) возможность осуществления РЭП СБС заданного типа.

3. Если для выбранных исходных данных условие РЭП не обеспечивается, то изменить какие-либо из них для обеспечения РЭП.

3 Порядок выполнения работы

1. Получить задание;
2. Изучить теоретическую часть;
3. Выполнить расчет на основе методических указаний;
4. Составить отчет.

4 Содержание отчета

1. Титульный лист;
2. Краткая теория;
3. Расчет значений, требуемых заданием практической работы;
4. Вывод.

5 Теоретическая часть

Радиосвязь является важнейшим, а во многих случаях и единственным родом электросвязи через воздушную среду, способным обеспечить обмен речевой или текстовой информацией между корреспондентами.

Радиосвязь, в отличие от проводной связи, может быть установлена:

- с объектами, местоположение которых неизвестно;
- через непроходимые или недоступные участки местности;
- с объектами, находящимися в воздухе или в море.

При организации и обеспечении радиосвязи с использованием соответствующих **систем беспроводной связи (СБС)** необходимо учитывать следующие основные факторы:

- возможность перехвата переговоров и передач злоумышленниками;
- возможность определения злоумышленниками мест нахождения работающих радиосредств и создания им преднамеренных радиопомех;
- зависимость состояния связи от условий прохождения радиоволн и возможных естественных или промышленных помех в пункте приёма;
- условия электромагнитной совместимости (ЭМС) различных радиоэлектронных средств;
- уменьшение дальности действия радиосвязи при обмене информацией в движении.

Радионаправление - это способ организации радиосвязи между двумя корреспондентами (связь типа «точка-точка»). В зависимости от назначения радионаправления могут быть **постоянно действующими, дежурными, резервными** и

скрытыми. Связь по радионаправлению может обеспечиваться на одной или двух частотах. При работе на одной частоте возможна только **симплексная** (передача в одном направлении) или **полудуплексная** (передача и прием каждым корреспондентом ведутся поочередно) связь. При наличии двух частот связь может осуществляться также и в **полнодуплексном** режиме (одновременная радиопередача в обоих направлениях) при определенном разносе частот передатчика и приемника.

Преимущества радионаправлений:

- обеспечивается необходимая быстрота и простота установления связи;

- увеличивается скорость передачи сообщений;

- повышается маскировка от злоумышленников работы радиостанций, особенно при применении линейных или индивидуальных позывных, работе без позывных, а также при ведении приема и передачи на разных частотах;

- имеется возможность наиболее эффективно использовать антенны направленного излучения, что резко увеличивает дальность и скрытность связи.

Недостатки:

- повышенный расход радиосредств в пункте нахождения корреспондента, от которого организуется связь по радионаправлениям;

- необходимо большое количество частот для связи.

Радиосеть - способ организации радиосвязи между тремя и более корреспондентами. Основной признак радиосетей – необходимость обеспечения коммутации (и адресации) сообщений.

Радиосети могут быть **постоянно действующими, дежурными, резервными** и **скрытыми**. Работа в радиосети в зависимости от её назначения может быть организована на общей частоте или различных частотах приёма и передачи, на одной вызывной и нескольких рабочих частотах, на частотах передатчиков (комбинированная радиосеть), на частотах дежурного приёма.

Преимущества:

- уменьшается расход сил и средств на УС ПУ;

- уменьшается расход радиочастот;
- улучшается разведзащищенность ПУ, их мобильность;
- возможность передачи сообщений большому количеству корреспондентов (связь оповещения).

Недостатки:

- низкая пропускная способность;
- низкая разведзащищенность;
- низкая защищенность от преднамеренных помех противника.

Связь между корреспондентами осуществляется по единым правилам радиосвязи, передачи радиogramм и ведения радиообмена, обязательные для каждого из корреспондентов.

Приведенные выше преимущества и недостатки радионаправлений и радиосетей приводят дилемме: где, с кем, когда и в каких обстоятельствах применить тот или иной способ организации радиосвязи. На практике, преимущество при организации связи все же отдается радиосетям, и только в ряде случаев могут организовываться радионаправления (например, при передаче относительно больших потоков информации в интересах одного корреспондента с целью исключить долговременное занятие радиосети одной парой корреспондентов или с целью сокращения материальных затрат на обеспечение радиосвязи).

Основными аспектами инфокоммуникационной безопасности СБС являются **доступность, целостность и конфиденциальность** передаваемой информации.

Одним из факторов, влияющих на доступность и целостность передаваемой информации, является возможность нарушения функционирования СБС путем их **радиоэлектронного подавления (РЭП)**.

Радиоэлектронное подавление – комплекс мероприятий и действий, проводимый с помощью специальных средств создания преднамеренных помех, воздействующих на канал радиосвязи подавляемой СБС с целью дезорганизации связи и нанесения желаемого информационного ущерба.

Основная цель РЭП СБС злоумышленником – снижение эффективности использования ресурса связи, которое приведет в

свою очередь к неминуемому ухудшению качества функционирования средств обмена информацией. Указанная цель может быть достигнута путем решения следующих задач РЭП:

- уменьшение пропускной способности СБС;
- задержка передаваемой информации, на время, превышающее длительность цикла процесса управления;
- внесение ложной информации.

Таким образом, РЭП СБС влияет на два из трех основных аспектов инфокоммуникационной безопасности СБС: **доступность** и **целостность** передаваемой информации.

Под **эффективностью радиоподавления** понимают степень достижения требуемого информационного ущерба СС при воздействии преднамеренных помех радиоэлектронных средств (РЭС) злоумышленника на канал радиосвязи. Степень информационного ущерба определяется как **высокая**, **средняя** и **низкая**.

Для оценки эффективности РЭП используются **показатели эффективности** и **критерии эффективности**.

На практике в ряде случаев также возникает ситуация, когда необходимо обеспечить несанкционированное активное воздействие типа **радиоподавления** («глушения») каких-либо радиосредств аналоговой или цифровой связи, таких как, например, голосовых раций, сотовых телефонов и т.д. на важных корпоративных заседаниях, лекционных занятиях, закрытых судебных заседаниях, театральных представлениях и т.п., которые могут нарушить установленный организационный порядок или привести к несанкционированной утечке конфиденциальной информации.

В практической ситуации при РЭП радиотелефонных СБС, например, с аналоговыми видами модуляции (АМ, ЧМ, ОМ и др.) с регистрацией информации корреспондентом в качестве основного показателя W (информационного признака эффективности – ИПЭ) подавления радиотелефонных СБС принята разборчивость речи принимаемого сообщения:

$$W = G_{np} / G \quad (1)$$

где G_{np} - количество правильно принятых элементов сообщения (формант, звуков, слогов или фраз);

G - общее количество переданных элементов речи.

Условия эффективного радиоподавления

Для осуществления эффективного подавления СБС необходимо выполнить следующие условия:

– обеспечить максимально точное частотно-временное совмещение интервалов работы подавляемой СБС и комплексов РЭП противника;

– сформировать наиболее рациональную или оптимальную структуру помехи;

– обеспечить требуемое соотношение помеха-сигнал на входе подавляемого приемника $K_{вх.}$, при котором достигается требуемое значение ИПЭ для данной СБС.

Для оценки эффективности воздействия помехи на канал связи (на приемник СБС) используют в качестве критерия понятие *коэффициента подавления*.

Коэффициент подавления (K_n) - минимальное требуемое отношение помеха-сигнал (ОПС) по мощности или по напряжению на входе подавляемого приемника СБС, при котором обеспечивается заданная эффективность радиоподавления (ЭРП) или заданное значение ИПЭ.

$$K_n = (P_n / P_c)_{вх.нрм.} \text{ при заданном ИПЭ} \quad (2)$$

Исходя из определения, K_n зависит от следующих факторов:

– от заданного ИПЭ (в данной работе рассматриваются аналоговые системы радиосвязи, поэтому ИПЭ является разборчивость речи в подавляемом канале СБС);

– от соответствия структуры помехи структуре сигнала;

– от алгоритмов обработки сигнала и помех в трактах подавляемого приемника.

Отметим, что чем выше значение K_n , тем выше устойчивость канала связи СБС к данному виду помехи.

Показатель K_n широко используется для энергетических расчетов при организации РЭП. При этом исходят из того, что для обеспечения заданного эффекта подавления необходимо выполнение условия:

$$K_{вх} \geq K_n \text{ при } K_n = (P_n/P_c)_{min.треб.} \text{ при заданном ИПЭ, } (3)$$

где $K_{вх}$ - соотношение помеха-сигнал на входе подавляемого приемника.

В соответствии с известной методикой оценки эффективности подавления аналоговых радиоканалов СБС, произведем определенные расчеты с соответствующими выводами и обобщениями, т.е. решим прямую задачу РЭП на следующих этапах:

– определяется *отношение помеха-сигнал* (ОПС) на входе подавляемого приемника $K_{вх}$;

– предельная дальность подавления $R_{п.пред}$ (используется методика энергетических расчетов РЭП радиосвязи), в результате чего делается вывод о возможности энергетического подавления данной СБС;

В соответствии с видом применяемого сигнала в подавляемой СБС и структурой помехи:

– определяется ОПС на выходе подавляемого приемника (демодулятора) $K_{вых}$, для чего предварительно необходимо провести синтез, обоснование и оценку оптимальной или рациональной структуры помехи для данной СБС;

– по полученному значению $K_{вых}$ определяется значение принятого для анализа ИПЭ - разборчивости речи W на выходе приемника подавляемой СБС.

По аналогичной методике решим *обратную задачу РЭП* - определение требуемого ОПС на входе подавляемого приемника $K_{вх}$ по заданному значению разборчивости W при известных способе приема и структуре сигнала и помехи.

Рассмотрение возможности эффективного РЭП СБС начнем с определения ее *энергетической возможности подавления*.

Расчет энергетической возможности РЭП СБС

Одним из условий эффективного РЭП средств СБС является их **электромагнитная доступность** (ЭМД), под которой понимается возможность их обнаружения и подавления с заданной вероятностью в конкретной **радиоэлектронной обстановке** (РЭО). Мерой измерения ЭМД является расстояние от средств РЭП до подавляемых средств СБС, обеспечивающее заданную вероятность обнаружения (вскрытия) и подавления с качеством не хуже требуемого (заданного).

Опытным путем установлено, что для каждой конкретной СБС, в частности для каждого вида радиопередач с учетом конкретных схем построения приемных устройств определены:

- $K_{вх\ min}$;
- необходимые коэффициенты подавления K_n , т.е. наименьшее необходимое отношение мощности;
- помехи и полезного сигнала на выходе приемного устройства (без учета вида помехи и сигнала соответственно), при которых с заданной вероятностью происходит искажение полезного сигнала. Для случая использования радиосредств с аналоговыми видами модуляции (в частности, ТЛФ-ЧМ и ТЛГ-АМ) рассчитано, что

$$K_n = 1.1 - 1.5 \text{ (ТЛФ-ЧМ) - «радиотелефон»}$$

$$K_n = 1.0 - 1.2 \text{ (ТЛГ-АМ) - «слуховой радиотелеграф»}$$

По известным значениям K_n можно оценить максимальное расстояние (предельную дистанцию подавления $R_{n.пред}$) от **средств подавления** (СП) до приемного устройства подавляемой СБС, при котором выполняется энергетическое условие РП: отношение мощности помехи к мощности сигнала на входе приемника подавляемого канала связи $K_{вх}$ должно быть не менее K_n :

$$K_{вх} \geq K_n .$$

Рассчитаем предельную дистанцию подавления УКВ-радиосвязи R_n для заданных условий по формуле:

$$R_n = D_c \times \sqrt{\frac{P_{nn} \times G_{nn} \times G_{nnp} \times \varphi(D_c) \times h_{nn}^2 \times \gamma}{P_{nc} \times G_{nc} \times G_{npc} \times \varphi(D_n) \times h_{nc}^2 \times K_n}} \quad (4)$$

где D_c - дистанция связи;

D_n - дальность подавления (расстояние на местности между СП и подавляемым приемником);

h_{nn} , h_{nc} - высоты поднятия передающих антенн средств РЭП и связи соответственно;

K_n - требуемый коэффициент подавления по мощности;

P_{nn} , P_{nc} - мощности передающих устройств средств помех и связи соответственно;

G_{nn} , G_{nc} - коэффициенты усиления передающих антенн помех и связи соответственно;

- коэффициент поляризационных потерь вследствие различий в поляризации излучения антенн СП и приемника;

$\varphi(D_n)$, $\varphi(D_c)$ - ослабление радиоволн на дистанциях связи и РП соответственно.

Как видно из формулы, дистанция связи R_n значительно зависит от всех параметров в ней присутствующих, что усложняет задачу математических расчетов возможности конкретного РЭП СБС.

При решении задачи эффективности РЭП СБС необходимо рассматривать наилучший ($D_c \min$) и наихудший случай ($D_c \max$) с точки зрения наших возможностей.

Дальности РЭП D_n СП нашей СБС состоят из дальности удаления от линии связи (ЛСВ) СП злоумышленника и подавляемого приемника нашей СБС. D_n в каждом конкретном случае будут варьировать в широких пределах в зависимости от местоположения самих СП и РЭС подавляемой СБС. Условимся, что положение СП злоумышленника со временем изменяться не будет.

Известно, что каждой из СБС может назначаться группа фиксированных частот, на которых ведется радиообмен. Как правило, назначаются рабочие (основные и дополнительные) и резервные частоты работы РЭС. Переход на резервные частоты

осуществляется в соответствии с помеховой радиообстановкой и обусловлен рядом причин, основной из которых является радиоэлектронное воздействие промышленных радиопомех или помех злоумышленника на рабочие участки спектра радиостанций.

В общем случае представляет сложность учет таких характеристик подавляемой СБС как постоянно изменяющееся в практических условиях местоположение подавляемых средств СБС, высоты поднятия антенн радиостанций, их мощностные характеристики, коэффициенты усиления приемо-передающих антенн и их поляризационные свойства, условия распространения радиоволн (РРВ) на трассе РЭП. Предлагаемая математическая модель возможности РЭП СБС наших РЭС позволяет с определенной долей условности предусмотреть все возможные вариации изменения параметров, входящих в условие эффективного РЭП СБС.

6 Выполнение работы

Последовательность расчета R_n

- 1) Рассчитывается длина волны λ работы подавляемой радиосети:

$$\lambda = c/f_{раб} \quad (5)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость распространения ЭМВ,
 $f_{раб}$ (Гц) – рабочая частота радиосвязи.

- 2) Рассчитывается множитель, учитывающий вид поляризации, используемой в антеннах радиосети q :

$$q = \frac{\sqrt{(\epsilon - 1)^2 + (60\lambda\sigma)^2}}{\epsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2} \quad (6)$$

- для вертикальной поляризации, которая используется в нашем случае для СБС,

ϵ, σ - диэлектрическая и магнитная проницаемость среды.

Причем, в условиях распространения радиоволн (РРВ), характерных для территории РЭП, можно принять числовые значения параметров ϵ и σ строго фиксированными. Однако, для увеличения функциональных возможностей предложенного алгоритма, значения этих параметров могут задаваться, исходя из реальных условий РРВ.

- 3) Рассчитывается минимальная эффективная высота поднятия антенны h_0 :

$$h_0^2 = \left(\frac{\lambda}{2 \cdot \pi \cdot q} \right)^2 \quad (7)$$

- 4) Рассчитываются эквивалентные высоты антенн передатчиков связи и помех $h^*_{m,nc,np}$:

$$h^*_{m,nc,np} = \sqrt{h^2_{m,nc,np} + h_0^2} \quad (8)$$

5) Проводится сравнение эквивалентных высот поднятия антенн $h_{nn,nc,np}^*$ по отношению к минимальной эффективной высоте h_0 на основании которых, делается вывод о проведении дальнейших расчетов в соответствии с условиями:

$$\begin{aligned} \text{если } h_{nn,nc,np}^2 \gg h_0^2, \text{ то } h_{nn,nc,np}^* &= h_{nn,nc,np} \\ \text{если } h_{nn,nc,np}^2 \ll h_0^2, \text{ то } h_{nn,nc,np}^* &= h_0 \end{aligned} \quad (9)$$

6) На основании сделанных выводов в пункте 5, проводится расчет функции ослабления радиоволн на дистанциях связи и подавления $\varphi(D_n), \varphi(D_c)$:

$$\varphi(D_c) = \frac{\lambda^2 \times D_c^2}{16 \times \pi^2 \times (h_c)^2 \times (h_{np})^2}$$

и

$$\varphi(D_n) = \frac{\lambda^2 \times D_n^2}{16 \times \pi^2 \times (h_n)^2 \times (h_{np})^2} \quad (10)$$

7) Производится расчет предельной дистанции РЭП УКВ радиосвязи R_n :

$$R_n = D_c \times \sqrt{\frac{P_{nn} \times G_{nn} \times G_{nnp} \times \varphi(D_c) \times h_{nn}^2 \times \gamma}{P_{nc} \times G_{nc} \times G_{npc} \times \varphi(D_n) \times h_{nc}^2 \times K_{\Pi}}} \quad (11)$$

8) Вследствие того, что в УКВ диапазоне (для которого и проводятся расчеты) дальность энергетического обнаружения ограничивается дальность прямой видимости, рассчитывается дальность прямой видимости $D_{пр.вид}$. Эта характеристика линии РЭП с учетом кривизны Земли и нормальной атмосферной рефракции определяется по формуле:

$$D_{пр.вид} = 4.12(\sqrt{h_{nn}} + \sqrt{h_{nc}}) \quad (12)$$

Учитывая влияние рельефа местности дистанция прямой видимости должна быть уменьшена на коэффициент рельефа. Так, для слабопересеченной лесистой местности, характерной

для большей части территории РБ, формула дистанции прямой видимости примет вид:

$$D_{пр.вид.корр.} = (0.8...0.9) * D_{пр.вид.} \quad (13)$$

9) Производится сравнение полученных данных по выражениям (13 и 11). Предельная дистанция подавления $R_{n.пред.}$ находится как наименьшая из двух дистанций:

$$R_{n.пред.} = \min\{ R_n, D_{пр.вид.} \} \quad (14)$$

В случае, если реальное удаление СП от подавляемого приемника СБС УКВ меньше или равно полученной по формуле (14) предельной дистанции подавления $R_{п.пред.}$, то данная линия радиосвязи может быть подавлена. Это условие называется *пространственным условием возможности РП радиосвязи* и является обязательным, но не достаточным. Для однозначного вывода о гарантированной возможности РП должно обязательно выполняться энергетическое условие РП, т.е.

$$K_{ex} \geq K_n \quad (15)$$

Расчет коэффициента подавления (отношения мощности помехи к мощности сигнала) на входе приемного устройства подавляемого канала связи K_{ex} проводится по формуле:

$$K_{ex} = \frac{P_{пп} \cdot G_{пп} \cdot G_{прп} \cdot D_c^2 \varphi(D_c) \cdot \gamma}{P_{пс} \cdot G_{рс} \cdot G_{прс} \cdot D_n^2 \varphi(D_n)} \quad (16)$$

По результату вычисления K_{ex} проводится проверка условия (15).

В случае, если оба условия выполняются совместно, то делается вывод: рассматриваемая СБС в заданных условиях будет подавлена, в случае же невыполнения хотя бы одного из условий - СБС подавлена не будет. Следует уточнить, что выполнение только энергетического условия так же, как и пространственного, является обязательным, но не достаточным.

7 Контрольные вопросы

1. Что такое РЭП ?
2. Основная цель РЭП и решаемые ею задачи ?
3. Какие аспекты инфокоммуникационной безопасности СБС нарушает РЭП ?
4. Что такое эффективность РЭП, какие известны виды реализуемого ущерба ?
5. Основной показатель для оценки эффективности РЭП, как он определяется ?
6. Какие условия необходимо выполнить для эффективного подавления СБС?
7. Основным критерий для оценки эффективности РЭП, как он определяется ?
8. Что такое коэффициент подавления и от каких факторов он зависит ?
9. Из каких этапов состоит процесс решения прямой задачи РЭП ?
10. Что такое электромагнитная доступность СБС?
11. Какие факторы влияют на предельную дистанцию R_p РЭП УКВ радиосвязи ?
12. Какие факторы влияют на величину коэффициента подавления $K_{вх}$ на входе приемного устройства подавляемого канала связи ?

Библиографический список

- 1) Лукьянюк С.Г. Теория электрической связи. Сигналы, помехи и системы передачи: учебное пособие. / С. Г. Лукьянюк, А. М. Потапенко. – Курск.: Юго-Зап. гос. ун-т., 2012. - 223 с.
- 2) Осипов А. С. Военно-техническая подготовка. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП : учебник / А.С. Осипов ; под науч.ред. Е.Н. Гарина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 344 с.